

PRÄZISION⁺

UNVOR
STELLBARE
GENAUIGKEIT
UND DIE
SUCHE
NACH NEUER
PHYSIK



Cluster of Excellence
PRISMA⁺



**MINDS
of MAINZ**

PRÄZISION ist eine Ausstellung des
Exzellenzclusters PRISMA⁺ der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

 prisma.uni-mainz.de/ausstellung-praezision

Ausstellungsgestaltung: Impuls-Design GmbH

Die Ausstellung besteht aus sieben thematischen Modulen. Sie beleuchten unterschiedliche Facetten von PRÄZISION – jeweils anhand von Beispielen aus dem Alltag, aus der Wissenschaft allgemein und aus der spannenden Forschung bei PRISMA⁺.

- 1 **Warum so genau?**
- 2 **Was heißt präzise?**
- 3 **“That`s funny!”**
- 4 **Viel hilft viel**
- 5 **Bitte nicht stören!**
- 6 **Alles streut**
- 7 **Ich messe was, was du nicht siehst**

1 Warum so genau?



Das Standardmodell der Teilchenphysik beschreibt die uns bekannten Grundbausteine der Materie mit beeindruckender Genauigkeit. Und doch wissen wir: Es stellt die Natur nicht komplett dar und kann somit nicht die endgültige, allumfassende Theorie sein.

Um die Physik jenseits des Standardmodells – wir nennen sie „neue Physik“ – zu entdecken, braucht es extrem präzise Experimente und Messungen, kombiniert mit extrem präzisen Berechnungen. PRÄZISION ist daher das Leitthema von PRISMA⁺ – und dieser Ausstellung.

Im ersten Modul nehmen wir Sie mit auf eine faszinierende Entdeckungsreise durch die Welt des Allerkleinsten und des Allergrößten. Denn die Forschung bei PRISMA⁺ erstreckt sich über 45 Größenordnungen – von einer Strahlungsquelle am Rande des Universums bis ins Innere eines Protons.

Extrem präzise: Leiterplatten für einen Spurdetektor des P2-Experiments am neuen Beschleuniger MESA





2 Was heißt präzise?

In unserem Alltag und in vielen Berufen spielt Präzision eine wichtige Rolle. In Forschung und Technologie hat eine immer größere Präzision unser Wissen über die Welt wieder und wieder entscheidend vorangebracht. Und doch ist jede Messung, jede Berechnung immer auch mit einer Unsicherheit behaftet – einem Fehler.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind sich bewusst, dass es diese Unsicherheiten oder Fehler immer gibt. Deshalb investieren sie viel Zeit darin, Fehlerquellen zu identifizieren und zu minimieren. Hierin steckt oft sehr viel mehr Arbeit als in der eigentlichen Messung. Der Lohn: Durch Minimierung von Fehlern kann die Wissenschaft inzwischen in vielen Bereichen eine unglaubliche Präzision erreichen. Das gilt ganz besonders für unsere Forschung bei PRISMA⁺ – wie Forscherinnen und Forscher auf unterhaltsame Art und Weise in diesem Modul berichten.



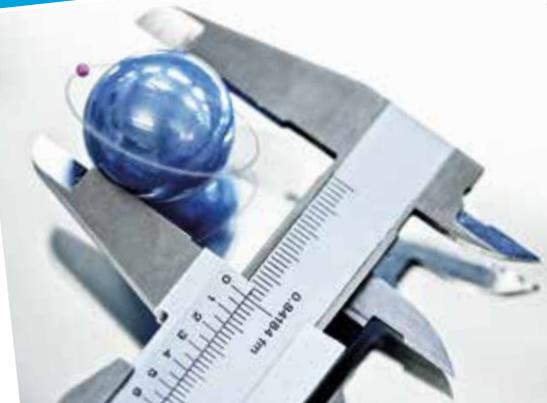
3 „That’s funny!“



Wer kennt das nicht: Man hat etwas falsch gemacht und trotzdem etwas dabei gelernt. Oder an etwas gezweifelt, das alle für selbstverständlich hielten und dadurch einen Fortschritt erzielt. Auch in der Wissenschaft sind Abweichungen und merkwürdige Messergebnisse das Salz in der Suppe. Zunächst skurril erscheinende Widersprüche zwischen Theorie und Experiment haben die Physik immer wieder entscheidend vorangebracht – solchen Gamechangern widmet sich das Modul „That’s funny!“.

PRISMA⁺ Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler suchen mit hochpräzisen Experimenten und Rechnungen nach solchen Unstimmigkeiten und Merkwürdigkeiten im Zusammenhang mit dem Standardmodell, und seien sie noch so klein. Die Vermessung des Protons ist eine solche Merkwürdigkeit – je nach Messmethode ist das Proton unterschiedlich groß. Ist das Protonradius-Rätsel der Schlüssel zu neuer Physik?

Das Protonradius-Rätsel ist ein wichtiger Schwerpunkt der PRISMA⁺-Forschung.

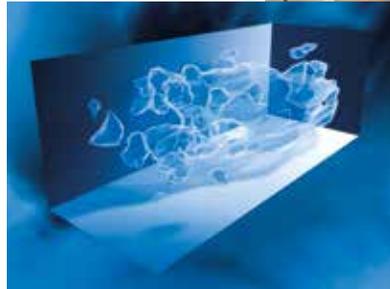
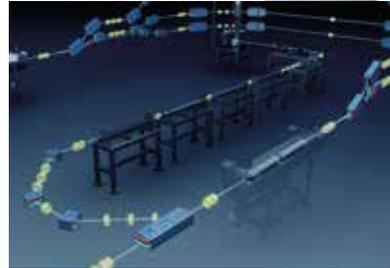


4 Viel hilft viel



Wenn man eine Münze wirft, bleibt sie mal auf der einen Seite liegen und mal auf der anderen. Ganz selten kann es aber auch vorkommen, dass sie auf der Kante stehen bleibt. Um herauszufinden ob und wie oft die Münze tatsächlich auf der Kante landet, hilft nur eines: Man muss es sehr, sehr oft probieren!

In diesem Sinne kann Präzision auch bedeuten, die gleiche Messung extrem oft zu wiederholen – ganz nach dem Motto dieses Moduls „Viel hilft viel“. Der neue Teilchenbeschleuniger MESA, der derzeit auf dem Gutenberg-Campus gebaut wird, ermöglicht solche Messungen: Der Teilchenstrahl wird nicht nur extrem intensiv, sondern auch extrem präzise auf eine winzige Fläche in einem Target fokussiert. So wird MESA in der Lage sein, sehr subtile und seltene Ereignisse aufzuspüren. Dies gilt in besonderem Maße für die Suche nach Dunkler Materie – einer der spannendsten Herausforderungen der modernen Teilchenphysik.



► Die Suche nach Dunkler Materie und der Bau von MESA sind zentrale Projekte bei PRISMA⁺. Sie weisen eine sehr spannende Schnittmenge auf, denn die MESA-Experimente nehmen in besonderer Weise die Dunkle Materie in den Fokus. Deshalb haben wir sie im Modul „Viel hilft viel“ zusammengefasst.

Die Suche nach Dunkler Materie (Bild unten: 3D-Karte einer Verteilung auf Basis von Hubble-Daten) bei PRISMA⁺ ist facettenreich: Das XENON Experiment (großes Bild: innerer Detektor) und der neue Teilchenbeschleuniger MESA (Bild oben) haben zum Ziel, sie zu finden.

5 Bitte nicht stören!

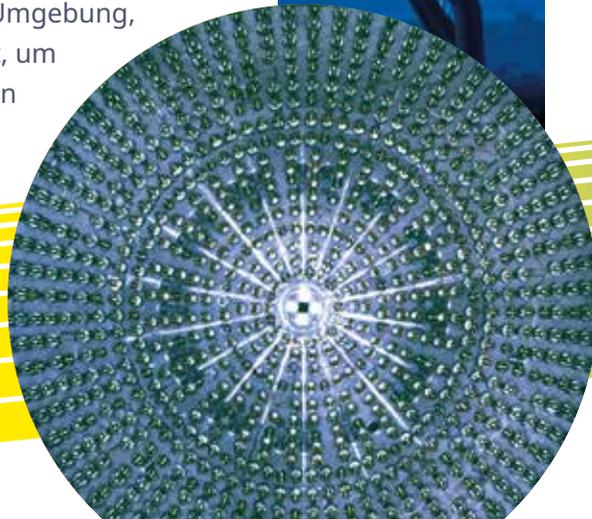


Für ihre Experimente müssen Forscherinnen und Forscher bei PRISMA+ oft extrem präzise oder saubere Bedingungen herstellen. Denn für bestimmte Messungen ist es entscheidend, Störsignale abzuschirmen oder Unreinheiten zu beseitigen. Nur so gibt sich der gesuchte extrem schwache Effekt zu erkennen. Dies gilt par excellence für die Neutrinforschung – ein wichtiger Schwerpunkt bei PRISMA+.

Neutrinos sind wahre Geisterteilchen: Jede Sekunde durchdringen Milliarden von ihnen unseren Körper, ohne dass wir das merken. In Experimenten mit tonnenschweren Detektoren können wir sie jedoch aufspüren. Dann haben sie uns viel zu erzählen – als Botschafter aus dem Sonnenfeuer, aus dem Inneren der Erde oder aus fernen Galaxien.

Beim Borexino Experiment (runder Bildausschnitt) beispielsweise arbeiten Mainzer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit einer Umgebung, die extrem frei von Radioaktivität ist, um Neutrinos aus der Sonne nachweisen zu können. Gehen Sie mit uns auf Geisterjagd!

Detektoren des IceCube
Neutrinoobservatoriums am
Südpol



6 Alles streut

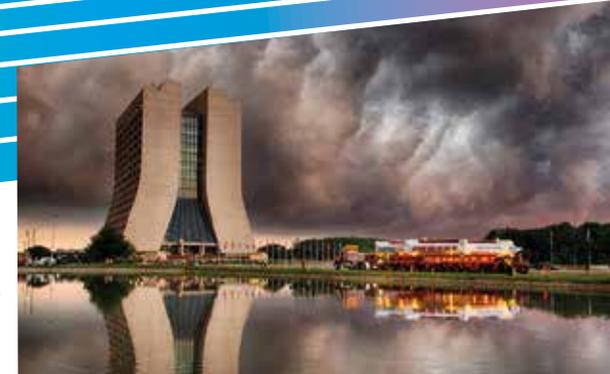


Im Alltag begegnen uns ständig Zahlen, Werte und Größenangaben: Es gibt eine mittlere Lebenserwartung und eine Durchschnittsgröße der Menschen in Deutschland. All diese Angaben haben eines gemeinsam: Es gibt einen Mittelwert, aber die tatsächlichen Werte eines Einzelnen, zum Beispiel ihre Körpergrößen, sind ganz unterschiedlich verteilt – sie streuen.

Ganz typisch ist eine bestimmte Form der Verteilung um einen Mittelwert – die „Normalverteilung“. Ihr folgen auch Messwerte aus einem oft wiederholten Experiment.

Den Erwartungswert und die Standardabweichung „sigma“ einer solchen Normalverteilung nutzen Physikerinnen und Physiker, um ihre Ergebnisse einzuordnen – ist das Resultat noch Zufall, oder stimmt hier tatsächlich etwas nicht? Paradebeispiel ist das Myon g-2 Experiment – erste Ergebnisse sorgten 2021 für großes Aufsehen.

Anlieferung des Speicherrings für das Myon
g-2 Experiment am Fermilab bei Chicago



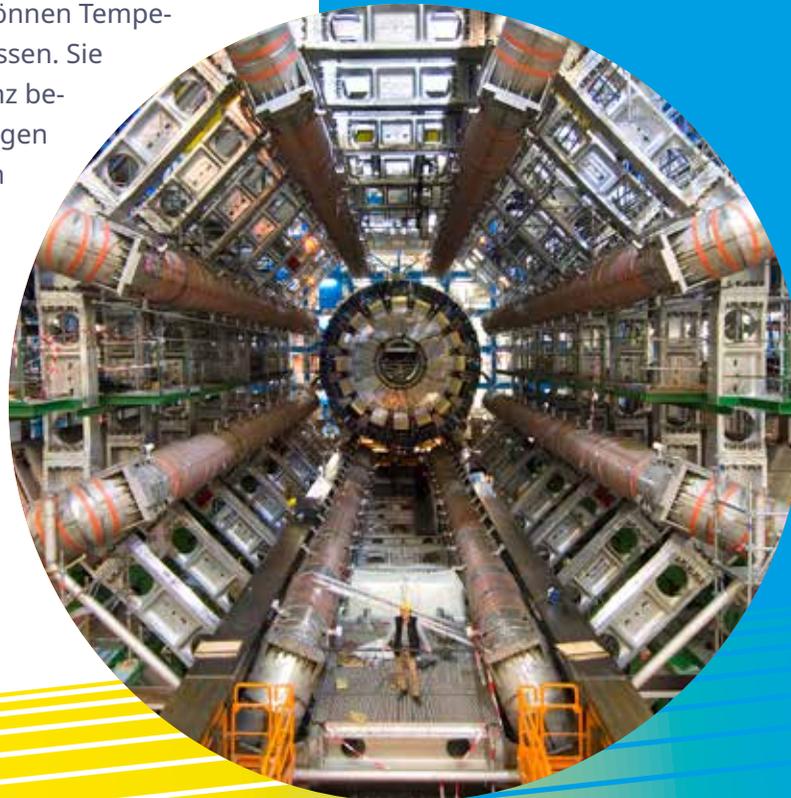


7 Ich messe was, was Du nicht siehst

Haben Sie schon einmal die Ultraschallwellen gesehen, mit denen sich Fledermäuse in ihrer Umgebung orientieren? Oder ein Magnetfeld gespürt, an dem sich eine Kompassnadel wie von Geisterhand ausrichtet? Messgeräte und Detektoren können „unsichtbare Dinge“, für die wir kein Sinnesorgan haben, sichtbar machen. Sie sind objektiver als unsere Sinne, denn sie lassen sich nicht täuschen. Sie können Temperaturen nicht nur subjektiv fühlen, sondern objektiv messen. Sie haben eine bessere Auflösung, da sie sich auf einen ganz bestimmten Messbereich konzentrieren können. Wir dagegen müssen uns mit unseren Sinnen in der Welt mit all ihren vielfältigen Eindrücken zurechtfinden.

Detektoren sind sozusagen die Hightech-Augen der Teilchenphysik. Sie überwinden die Grenzen des menschlichen Sehens und können kleinste Strukturen sichtbar machen. Sie sind wahre Wunderwerke der Technik und in ihnen offenbart sich die ganze Schönheit der Teilchenphysik.

Dabei sind sie an den extremsten Orten rund um den Globus zu finden. Gehen Sie mit uns zum Abschluss unserer Ausstellung auf Entdecker-Weltreise!



Ein wahrer Riese:

Der ATLAS Detektor am CERN. Mehr als 3200 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von 177 Instituten aus 38 Ländern arbeiten am ATLAS-Experiment. Aus Deutschland sind 18 Institutionen beteiligt.

Impressum

Herausgeber:

Exzellenzcluster PRISMA⁺
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Staudingerweg 9, 55128 Mainz
www.prisma.uni-mainz.de
prisma@uni-mainz.de

Konzeption, Redaktion, Text:

Dr. Renée Dillinger-Reiter,
Öffentlichkeitsarbeit PRISMA⁺,
Theresa Hecker,
Kommunikation und Presse JGU

Gestaltung:

Tanja Labs – www.artefont.de

Fotografie, Bildnachweis:

Borexino Collaboration (Titel); Prof. Dr. Niklaus Berger/JGU (S. 3); Vintage Tone – shutterstock.com (S.4); Paul Scherrer Institut/Markus Fischer (S. 5); Niels Paul Bethe/PRISMA⁺, NASA/ESA/Richard Massey (S. 6); XENON Collaboration (S. 7); Jamie Yang/IceCube Collaboration, Borexino Collaboration (S. 8); Reidar Hahn/Fermilab (S. 9); Maximilien Brice, CERN (S. 10)

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Aufnahme in Online-Dienste und Internet sowie Vervielfältigung auf Datenträgern nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Über PRISMA⁺

Warum gibt es im Universum so viel mehr Materie als Antimaterie? Gibt es neue Teilchen und bisher unerforschte Kräfte? Woraus besteht die dunkle Materie? Gibt es Hinweise auf eine neue Physik jenseits des Standardmodells?

Mit diesen grundlegenden Fragen beschäftigen sich mehr als 300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Exzellenzcluster PRISMA⁺ der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Dabei loten sie die Grenzen des Wissens immer wieder aufs Neue aus.



JOHANNES GUTENBERG
UNIVERSITÄT MAINZ

**Im Februar/März 2022
zu sehen in der Schule
des Sehens an der JGU**